

Segmentasi Optic Disk pada Penderita Diabetic Retinopathy Menggunakan GVF Snake

Masy Ari Ulinuha I Ketut Eddy Purnama Mochamad Hariadi
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Email: ulинуha_elits@yahoo.com

Abstrak

Efek dari diabetes pada mata disebut *diabetic retinopathy (DR)*, berupa kerusakan pembuluh darah mikro (*mikrovascular*) pada mata. Pada tahap lanjut DR dapat mengakibatkan kebutaan. Segmentasi optic disk (OD) merupakan salah satu langkah penting dalam sistem diagnosa DR secara otomatis. Keberhasilan segmentasi OD ini sangat diperlukan untuk analisa lebih lanjut. Salah satunya untuk mendeteksi *exudate*: bercak pada mata yang merupakan akibat dari DR. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi OD pada citra retina secara otomatis. Pendeteksian OD diawali dengan *pre-processing* untuk meningkatkan kualitas citra dan menghilangkan pembuluh darah. Selanjutnya kontur OD didapatkan dengan menggunakan GVF Snake. Hasil segmenasi ini dibandingkan dengan hasil pendeteksian manual oleh dokter mata. Metode segmenasi yang diusulkan berhasil mendeteksi OD dengan akurasi, sensitivitas dan spesifisitas masing-masing sebesar 99,81%, 97,12% dan 99,86%.

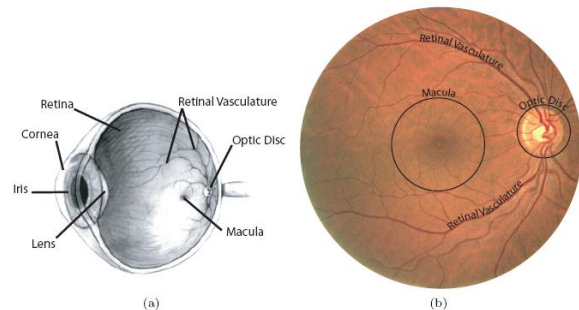
Kata kunci: *Diabetic retinopathy (DR)*, *optic disk (OD)*, *segmentasi*, *GVF snake*.

1. Pendahuluan

Diabetic retinopathy (DR) atau penyakit mata diabetes adalah salah satu komplikasi penyakit diabetes yang berupa kerusakan pada bagian retina mata. *Diabetic retinopathy* merupakan penyebab utama kebutaan pada penderita diabetes di seluruh dunia, disusul katarak. Bila kerusakan retina sangat berat, seorang penderita diabetes dapat menjadi buta permanen sekalipun dilakukan usaha pengobatan. Di Amerika Serikat (AS), sekitar setengah dari seluruh penderita diabetes mengalami penyakit mata ini. Data Poliklinik Mata RS Cipto Mangunkusumo (RSCM) yang tidak dipublikasikan menunjukkan bahwa retinopati diabetik merupakan kasus terbanyak yang dilayani di Klinik Vitreo-Retina. Dari seluruh

kunjungan pasien Poliklinik Mata RSCM, jumlah kunjungan pasien dengan retinopati diabetik meningkat dari 2,4 persen tahun 2005 menjadi 3,9 persen tahun 2006. Sementara itu data pasien yang berobat di RS Mata Undaan Surabaya, tahun 2007 terdapat 205 pasien yang menderita *diabetic retinopathy* [1-3].

Optic disk (OD) atau pusat syaraf mata adalah daerah pada mata tempat syaraf mata memasuki retina dan merupakan pertemuan seluruh syaraf mata [5]. *Optic disk* juga merupakan referensi dari fitur-fitur lain dalam citra fundus [9]. Untuk keberhasilan deteksi ketidaknormalan, seringkali diperlukan untuk memisahkan anatomi normal. Deteksi OD merupakan salah satu langkah penting dalam sistem diagnosa DR secara otomatis. Deteksi OD diperlukan untuk membedakannya dengan *bright lesion (exudate)* [4,9] yang memiliki kemiripan karakteristik visual dengan OD [6].



Gambar 1. (a) Struktur Mata. (b) Foto Digital Retina.

Sumber: Niemeijer, 2006:2

2. Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sudah dilakukan sebelumnya, baik secara khusus membahas *optic disk* ataupun membahas *optic disk* sebagai bagian dari diagnosa penyakit mata. Beberapa di antaranya disebutkan dalam review berikut.

Viranee Thongnuch dan Bunyarit Uyyanonvara [5] dalam penelitiannya menggunakan transformasi Hough lingkaran untuk mendeteksi *optic*

disk pada citra fundus bayi dengan kontras rendah. Penelitian ini berhasil mendeteksi optic disk dengan akurasi 81,7% dibandingkan dengan deteksi manual oleh ahli mata. Pada penelitian kedua [7] diaplikasikan metode yang lain untuk kasus yang sama. Pre-processing dilakukan dengan penyesuaian histogram, penapisan menggunakan filter perata-rata, dan penghilangan pembuluh darah menggunakan operasi morfologi closing. Lokalisasi OD dengan mengoptimalkan operasi mathematical morfologi dan *connected labelling*. Dari penelitian ini dihasilkan akurasi 87,0%.

Thomas Walter dan Jean-Claude Klein [12] mendeteksi optic disk dengan memperkirakan posisinya, kemudian mendapatkan kontur pastinya dengan transformasi watershed.

Akara Sopharak *et.al.* [14] dalam penelitiannya tentang exudate mengaplikasikan filter median pada kanal I dari citra HSI. Selanjutnya mengaplikasikan Contrast-limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) sebelum thresholding Otsu, kemudian menghilangkan optic disk.

Dalam penelitian Akara Sopharak *et.al.* [6] diterapkan pre-processing pada citra HSI. Optic disk berbeda dengan fitur lain dari retina karena teksturnya yang halus. Untuk membedakannya dihitung entropi dari fungsi massa probabilitas intensitas piksel-piksel pada area lokal dari citra. Di sekitar piksel dengan tekstur yang kompleks entropinya tinggi, sedangkan untuk tekstur yang halus entropinya rendah. Selanjutnya dipilih komponen terkoneksi yang paling luas dan berbentuk lingkaran.

Sementara itu Philips S. King [8] menerapkan pengklasteran Fuzzy untuk mendapatkan kontur awal optic disk, kemudian mendapatkan kontur final dari optic disk menggunakan active contour.

J. David *et.al.* [9] mendapatkan kandidat optic disk dengan penapisan menggunakan filter median kemudian operasi morfologi closing diikuti opening untuk menghilangkan pembuluh darah.

L. Gagnon *et.al.* [10] mendapatkan area global optic disk dengan analisis multi-scale menggunakan transformasi Haar-wavelet. Bagian paling terang dari citra diasumsikan sebagai bagian dari optic disk. Area global digunakan sebagai awal untuk pendeteksian yang lebih akurat dengan matching menggunakan pengukuran jarak Hausdorff pada citra biner setelah deteksi tepi 'Canny'.

Penelitian H. F. Jelinek *et.al.* [11] menerapkan pengurangan warna pada kanal red menggunakan interpolasi bilinear. Selanjutnya citra dinormalisasi menggunakan filter lolos atas Butterworth orde 0,5 dan lebar $D_0 = 10$. Proses ini berlangsung dalam domain Fourier. Filter deviasi standar intensitas lokal

digunakan untuk menentukan letak optic disk sebagai area dengan variasi terbanyak. Filter ini mendefinisikan ketetanggaan di sekitar piksel dan menghitung deviasi standar ketetanggaan tersebut untuk menentukan nilai piksel output. Berikutnya menghilangkan pembuluh darah dengan operasi closing, dilanjutkan dengan deteksi tepi 'canny' dengan nilai threshold rendah 0,4 dan nilai threshold tinggi 0,1 dan deviasi standar Gaussian 4. Operasi morfologi closing diterapkan untuk menutup tepi optic disk yang terputus. Area optic disk diisi dengan operasi filling, dan operasi morfologi opening menghapus semua area yang kurang dari 1200 piksel. Dilasi digunakan untuk menipiskan garis-garis yang tidak perlu dan menyempitkannya ke garis tepi.

3. GVF Snake

Snake atau *active contour* adalah kurva yang didefinisikan dalam domain citra, bisa bergerak karena pengaruh gaya internal dari kurva itu sendiri dan gaya eksternal yang dihitung dari data citra. Gaya internal dan eksternal dibuat sedemikian rupa sehingga snake akan menuju ke batas suatu objek atau fitur lain yang diinginkan. Snake digunakan secara luas dalam banyak aplikasi termasuk deteksi tepi, pemodelan bentuk, segmentasi, dan motion tracking [15].

Snake bisa didefinisikan sebagai kurva $\mathbf{x}(s)=[x(s),y(s)]$, $s \in [0,1]$ yang bergerak dalam domain spasial. Agar snake menjadi dinamis, \mathbf{x} dibuat sebagai fungsi waktu [13].

$$\mathbf{x}_t(s, t) = \alpha \mathbf{x}''(s, t) - \beta \mathbf{x}''''(s, t) - \nabla E_{ext} \quad (1)$$

di mana α dan β adalah parameter pembobotan yang mengontrol tegangan dan kekakuan snake, \mathbf{x}'' dan \mathbf{x}'''' adalah turunan kedua dan keempat dari \mathbf{x} terhadap s , sedangkan $-\nabla E_{ext}$ adalah gaya eksternal yang didapatkan dari citra.

Gradient Vector Flow (GVF) adalah gaya eksternal snake yang diperkenalkan oleh Chenyang Xu dan Jerry L. Prince [16]. Dengan mengganti gaya eksternal pada persamaan (9) dengan medan GVF $\mathbf{v}(\mathbf{x})$, terbentuklah persamaan kurva parametrik yang dinamakan GFV snake.

$$\mathbf{x}_t(s, t) = \alpha \mathbf{x}''(s, t) - \beta \mathbf{x}''''(s, t) + \mathbf{v}(\mathbf{x}) \quad (2)$$

Medan GVF $\mathbf{v}(\mathbf{x})$ adalah solusi kesetimbangan dari persamaan difusi vektor berikut:

$$\mathbf{u}_t = g(|\nabla f|) \nabla^2 \mathbf{u} - h(|\nabla f|) (\mathbf{u} - \nabla f) \quad (3a)$$

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, 0) = \nabla f(\mathbf{x}) \quad (3b)$$

∇f adalah gradien dari *edge map*. Edge map $f(x)$ diturunkan dari citra $I(x)$ bernilai lebih besar di tepi citra. Edge map bisa didapatkan dari gradien citra atau gradien citra setelah dihaluskan terlebih dahulu dengan proses penapisan. Fungsi pembobotan $g(\cdot)$ dan $h(\cdot)$ tergantung pada gradien dari edge map.

$$g(|\nabla f|) = e^{-\left(\frac{|\nabla f|}{\kappa}\right)^2} \quad (4a)$$

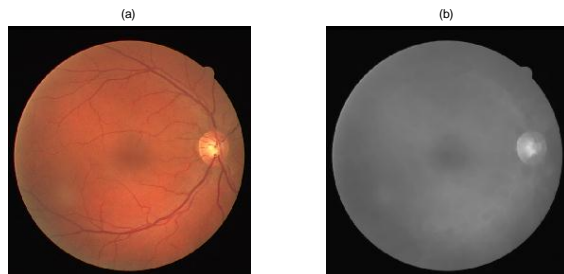
$$h(|\nabla f|) = 1 - g(|\nabla f|) \quad (4b)$$

Spesifikasi K menentukan beberapa tingkat derajat dari tradeoff antara kehalusan medan dan persesuaian dengan gradien.

4. Metodologi

4.1. Pre-processing

Pre-processing diawali dengan merubah daerah warna RGB ke HSI, selanjutnya mengambil kanal I untuk diproses lebih lanjut. Untuk menghilangkan derau dilakukan penapisan menggunakan filter median. Operasi morfologi closing dilakukan untuk menghilangkan pembuluh darah. Pada operasi ini digunakan structuring element berupa ‘disk’ dengan radius 8 piksel. Hasil dari pre-processing dapat dilihat pada gambar 2.



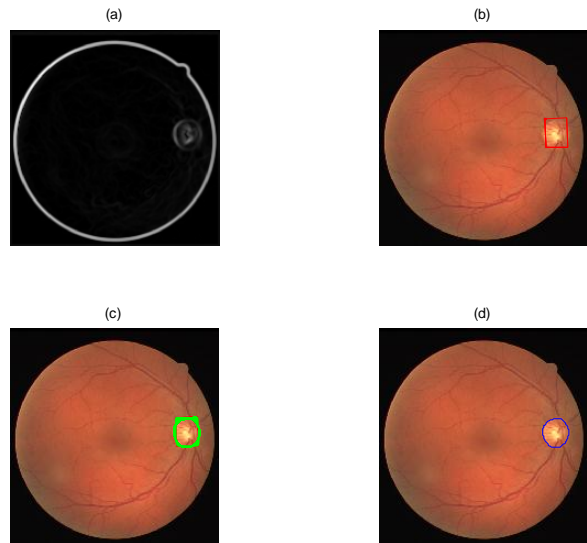
Gambar 2. (a) Citra Asli, (b) Hasil Pre-processing

4.2. Segmentasi Optic Disk

Proses segmentasi optic disk menggunakan citra hasil preprocessing sebagai masukan. Proses segmentasi diawali dengan menghitung edge map citra. Edge map didapatkan dengan menghitung magnitude dari gradien citra. GVF dihitung dan dinormalisasi untuk kemudian digunakan sebagai gaya eksternal snake. Inisialisasi kontur dilakukan secara manual menggunakan mouse. Gaya internal diatur dengan memberikan parameter elastisitas (α) sebesar 0,001, parameter rigiditas (β) sebesar 3 dan parameter viskositas (γ) sebesar 1. Sedangkan bobot gaya eksternal diatur sebesar 0,3. Setelah 250 iterasi, didapatkan area optic disk pada citra retina. Hasil segmentasi ditunjukkan pada gambar 3.

4.3. Verifikasi

Pada tahap verifikasi, hasil segmentasi optic disk menggunakan GVF snake dibandingkan dengan segmentasi manual oleh dokter mata. Jumlah piksel yang terdeteksi dihitung. Selanjutnya piksel-piksel tersebut dikelompokkan ke dalam 4 kelompok: TP (true positive), TN (true negative), FP (false positive) dan FN (false negative). TP adalah piksel optic disk yang terdeteksi dengan benar. TN adalah piksel non optic disk yang terdeteksi dengan benar. FP adalah piksel non optic disk yang terdeteksi sebagai optic disk. Sedangkan FN adalah piksel optic disk yang tidak terdeteksi. Pengelompokan ini digambarkan dalam tabel 1.



Gambar 3. (a) Edge Map, (b) Initial Contour, (c) Deformasi Snake, (d) Hasil Segmentasi

Tabel 4.1. Pengelompokan Piksel

| | Piksel OD | Bukan Piksel OD |
|-----------------------------|-----------|-----------------|
| Terdeteksi Sebagai OD | TP | FP |
| Tidak Terdeteksi Sebagai OD | FN | TN |

4.4. Penghitungan Akurasi, Sensitivitas dan Spesifisitas

Untuk menguji performa dari metode segmentasi yang diusulkan, dihitung akurasi, sensitivitas dan spesifisitas. Akurasi menunjukkan performa dari metode ini. Sensitivitas menunjukkan proporsi piksel optic disk yang terdeteksi dengan benar. Sedangkan spesifisitas menunjukkan proporsi piksel non optic disk yang tidak terdeteksi sebagai optic disk. Persamaan dari

akurasi, sensitivitas dan spesifisitas adalah sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN}$$

$$Sensitivitas = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Spesifisitas = \frac{TN}{TN + FP}$$

5. Hasil

Metode yang diusulkan telah diuji coba menggunakan citra retina dari database DRIVE (Digital Retinal Images for Vessel Extraction) yang terdiri atas 20 citra dengan ukuran masing-masing 584x565 piksel. Semua citra tersimpan dalam format TIFF. Database ini merupakan data yang dipakai secara internasional untuk penelitian citra retina. Dari data hasil percobaan dihasilkan akurasi sebesar 99,81%, sensitivitas 97,12% dan spesifisitas 99,86%. Hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 4.2. Hasil Penghitungan Akurasi, Sensitivitas dan Spesifisitas

| Citra | Akurasi (%) | Sensitivitas (%) | Spesifisitas (%) |
|-------------|-------------|------------------|------------------|
| 01_test | 99,80 | 96,77 | 99,84 |
| 02_test | 99,78 | 99,77 | 99,78 |
| 03_test | 99,72 | 99,25 | 99,73 |
| 04_test | 99,71 | 99,49 | 99,71 |
| 05_test | 99,78 | 97,72 | 99,81 |
| 06_test | 99,86 | 96,38 | 99,90 |
| 07_test | 99,87 | 96,72 | 99,92 |
| 08_test | 99,60 | 91,74 | 99,90 |
| 09_test | 99,93 | 97,81 | 99,96 |
| 10_test | 99,83 | 98,52 | 99,85 |
| 11_test | 99,59 | 99,98 | 99,58 |
| 12_test | 99,70 | 97,62 | 99,73 |
| 13_test | 99,86 | 99,90 | 99,85 |
| 14_test | 99,84 | 97,13 | 99,87 |
| 15_test | 99,74 | 99,97 | 99,74 |
| 16_test | 99,79 | 99,96 | 99,78 |
| 17_test | 99,87 | 99,53 | 99,88 |
| 18_test | 99,80 | 99,15 | 99,81 |
| 19_test | 99,84 | 97,24 | 99,88 |
| 20_test | 99,89 | 98,74 | 99,91 |
| 21_training | 99,86 | 96,75 | 99,91 |
| 22_training | 99,86 | 97,31 | 99,90 |
| 23_training | 99,89 | 99,76 | 99,90 |
| 24_training | 99,84 | 97,10 | 99,88 |
| 25_training | 99,89 | 97,73 | 99,94 |
| 26_training | 99,63 | 92,90 | 99,73 |
| 27_training | 99,85 | 95,69 | 99,95 |
| 28_training | 99,84 | 94,62 | 99,93 |
| 29_training | 99,77 | 96,72 | 99,83 |

| | | | |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 30_training | 99,84 | 94,15 | 99,95 |
| 31_training | 99,83 | 98,07 | 99,90 |
| 32_training | 99,88 | 95,20 | 99,96 |
| 33_training | 99,89 | 96,77 | 99,95 |
| 34_training | 99,35 | 93,62 | 99,50 |
| 35_training | 99,90 | 97,30 | 99,93 |
| 36_training | 99,91 | 97,24 | 99,95 |
| 37_training | 99,90 | 95,54 | 99,97 |
| 38_training | 99,94 | 97,27 | 99,98 |
| 39_training | 99,76 | 90,88 | 99,90 |
| 40_training | 99,90 | 96,75 | 99,94 |
| Rata-rata | 99,81 | 97,12 | 99,86 |

Daftar Pustaka

- [1] <http://www.kompas.com/read/xml/2008/08/15/05344587/retinopati.diabetik.penyebab.utama.kebutaan.diabetesi>
- [2] <http://rumahdiabetes.com/2008/08/retinopati-diabetik-penyebab-kebutaan-utama-penderita-ta-diabetes/>
- [3] <http://202.158.49.30/halaman/index.php?act=detail&nid=37515>
- [4] Meindert Niemeijer, "Automatic Detection of Diabetic Retinopathy in Digital Fundus Photographs", Thesis, University Medical Center Utrecht, Utrecht, The Netherlands, 2006.
- [5] Viranee Thongnuch dan Bunyarit Uyyanonvara, "Automatic Detection of Optic Disc from Fundus Images of ROP Infant Using 2D Circular Hough Transform", Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Thailand, 2006.
- [6] Akara Sopharak, Khine Thet Nwe, Yin Aye Moe, Matthew N. Dailey, Bunyarit Uyyanonvara, "Automatic Exudate Detection with a Naive Bayes Classifier", The 2008 International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology, Bangkok, Thailand, 2008.
- [7] Viranee Thongnuch dan Bunyarit Uyyanonvara, "Automatic Optic Disk Detection from Low Contrast Retinal Images of ROP Infant Using Mathematical Morphology", Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Thailand, 2007.
- [8] Philip S King, "An Investigation into The Design of An Automated Glaucoma Diagnostic System". Thesis, Texas Tech University, 2004.
- [9] J.David, Rekha Krishnan dan Sukesh Kumar A, "Neural Network Based Retinal Image Analysis", 2008 Congress on Image and Signal Processing, 2008.
- [10] L. Gagnon, M. Lalonde, M. Beaulieu dan M.-C. Boucher, "Procedure to Detect Anatomical Structures in Optical Fundus Images", Proceedings of Conference Medical Imaging 2001 : Image Processing (SPIE #4322), San Diego, 19-22 Février 2001, p. 1218-1225. 2001.

- [11] H.F. Jelinek, C. Depardieu, C. Lucas, D.J. Cornforth, W. Huang dan M.J. Cree, "Towards Vessel Characterisation in the Vicinity of the Optic Disc in Digital Retinal Images".
- [12] Thomas Walter and Jean-Claude Klein, "Segmentation of Color Fundus Images of The Human Retina: Detection of The Optic Disc and The Vascular Tree Using Morphological Techniques", Centre de Morphologie Mathematique Ecole nationale superieure des Mines de Paris.
- [13] Chenyang Xu and Jerry L. Prince, "Gradient Vector Flow Deformable Models", Published in *Handbook of Medical Imaging*, Editor: Isaac Bankman, Academic Press, 2000.
- [14] Akara Sopharak, Bunyarit Uyyanonvara, Sarah Barman dan Thomas H. Williamson, "Automatic Detection of Diabetic Retinopathy Exudates From Non-dilated Retinal Images Using Mathematical Morphology Methods", *Comput Med Imaging Graph* (2008), doi:10.1016/j.compmedimag.2008.08.009.
- [15] Chenyang Xu and Jerry L. Prince, "Snakes, Shapes and Gradient Vector Flow", *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 7 No. 3, March 1998.
- [16] Chenyang Xu dan Jerry L. Prince, "Gradient Vector Flow: A New External Force for Snake", *IEEE Proceeding Conference on Computer Vission and Pattern Recognition*, 1997.